

## COMUNICACIÓN DE TRABAJO – CONTRIBUTED PAPER

### La opacidad atmosférica en 210 GHz: resultados de un año de mediciones en la Puna Salteña

F. A. Bareilles<sup>1,2</sup>, R. Morras<sup>1,2</sup>, J. C. Olalde<sup>1</sup>, F. P. Hauscarriaga<sup>1</sup> y  
E. M. Arnal<sup>1,2</sup>

(1) Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR-CONICET)

(2) Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - UNLP

**Abstract.** The results of one year of atmospheric opacity (AO) monitoring at 210 GHz are reported. The AO measurements are being carried out at a place located at 4600m above sea level, close to the summit of *Cordillera de Macón*. The place is located a few kilometers away from the town of Tolar Grande, in a region denominated *Puna Salteña*. This results are compared to those available from Chajnantor, where important millimetre and sub-millimetre wavelength facilities are being installed.

**Resumen.** Se presentan resultados de un año de mediciones de la opacidad atmosférica en la frecuencia de 210 GHz. Las observaciones se realizaron en un pico de la Cordillera de Macón, a 4600 metros de altura, cercano a la localidad de Tolar Grande en la Puna Salteña. Se comparan estos resultados con los de la planicie de Chajnantor en la que se están instalando facilidades observacionales que operan en la banda milimétrica y submilimétrica del espectro.

## 1. Influencia de la opacidad en ondas milimétricas y sub-milimétricas

Desde las frecuencias de microondas hasta el infrarrojo, la opacidad de la atmósfera está principalmente determinada por la cantidad de oxígeno y vapor de agua presentes en la misma. La cantidad de oxígeno presente puede considerarse en primera aproximación como constante, mientras que la de vapor de agua varía en el tiempo. A 210 GHz la opacidad está principalmente determinada por el vapor de agua; esto nos permite convertir la opacidad al cenit ( $\tau_0$ ) directamente a cantidad de vapor de agua precipitable ( $PWV$ ).

En la figura 1 podemos ver la transmisión atmosférica para diferentes valores de vapor de agua, donde se han marcado algunas líneas de interés radioastronómico.

### 1.1. ¿Por qué queremos un $\tau_0$ bajo?

La temperatura de sistema ( $T_{sys}$ ) es la que detecta un radiotelescopio cuando no se encuentra observando ninguna fuente de interés astronómico. Esta temperatura se encuentra determinada por las denominadas contribuciones del receptor ( $T_{Rx}$ ), de la atmósfera ( $T_{atm}$ ), de la antena y del plano de tierra ( $T_{sbr}$ ). En forma matemática  $T_{sys}$  se encuentra dada por:

$$T_{sys} = e^{\tau_0 A} \left[ T_{Rx} + \eta_\ell T_{atm} (1 - e^{-\tau_0 A}) + (1 - \eta_\ell) T_{sbr} \right] + \dots$$

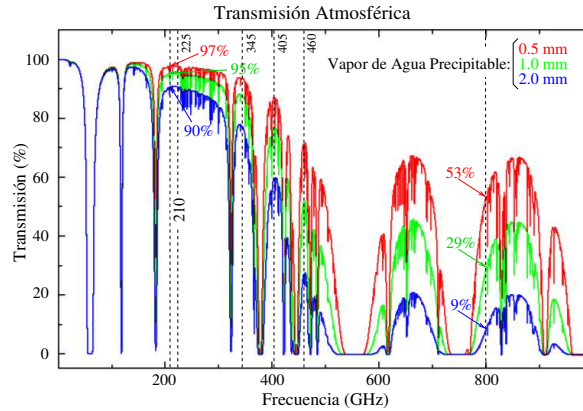


Figura 1. Curvas derivadas de un modelo de atmósfera estándar, para 2400 metros de altura y una temperatura de 283 K (Gentileza de *Caltech Submillimeter Observatory*).

En la ecuación anterior  $A$  es la masa de aire. Puede apreciarse que  $T_{sys}$  es muy dependiente del valor de la opacidad atmosférica  $\tau_0$ , y este valor de  $T_{sys}$  determina la sensibilidad del instrumento ( $\Delta T_{RMS}$ ). Por lo tanto si  $\tau_0$  aumenta, debemos aumentar el tiempo de integración  $t_{int}$  para mantener la sensibilidad:  $\Delta T_{RMS} \propto T_{sys} / \sqrt{B t_{int}}$

## 2. El sitio: Tolar Grande

El IAR (Instituto Argentino de Radioastronomía) participa en este proyecto de caracterización de sitios en colaboración con el grupo IATE (Investigaciones en Astronomía Teórica y Experimental), el ESO (*European Southern Observatory*) y la Universidad de Cornell. Los detalles sobre la elección de **Tolar Grande** pueden encontrarse en Recabarren et al. (2004). La figura 2 muestra el lugar donde está instalado el medidor de opacidad (*tipper*).

Ésta no es la única facilidad instalada en el cordón Macón; en la figura 3 puede verse de izquierda a derecha: la estación meteorológica (IATE, Cornell), el mangrullo con la cámara *DIMM* montada (IATE, ESO), el *tipper* con su conjunto de celdas solares (IAR) y el refugio construido por el IATE con la colaboración de la ESO.

## 3. Datos

Las mediciones se realizaron en un sitio localizado a 12 Km de **Tolar Grande** sobre el cordón del Macón a 4600 metros de altura. Éstas se iniciaron en abril de 2004 y continúan hasta el día de la fecha. En este trabajo se presentan los datos obtenidos en el período abril de 2004 hasta abril de 2005.

En la figura 4 se presenta el resumen estadístico de los datos obtenidos hasta el momento, separados por temporadas (a) y (b) y para todo el período de mediciones (c).

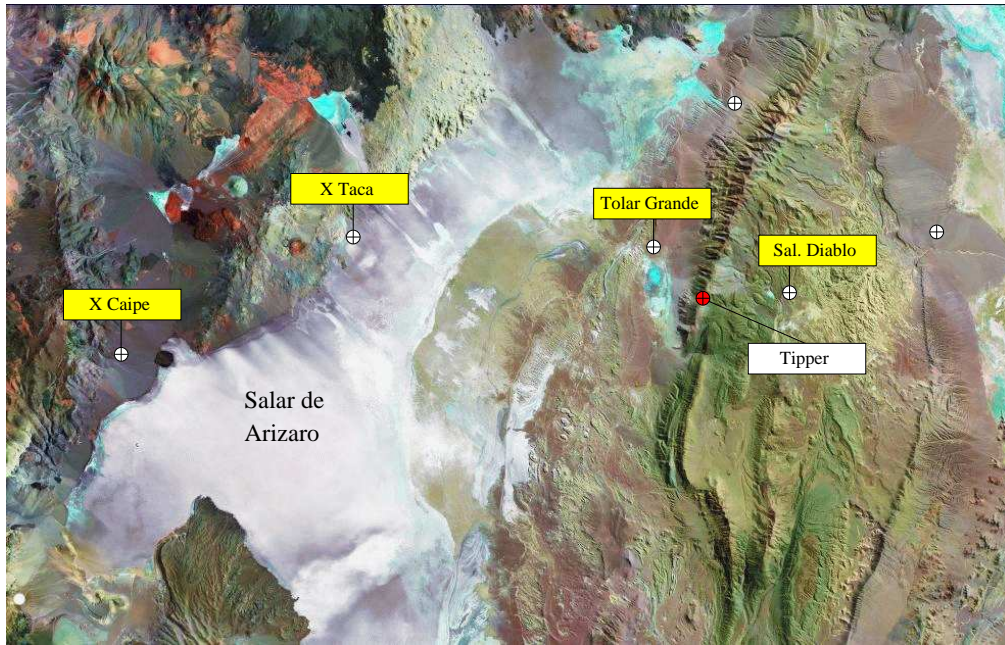


Figura 2. Imagen satelital de Tolar Grande y sus alrededores

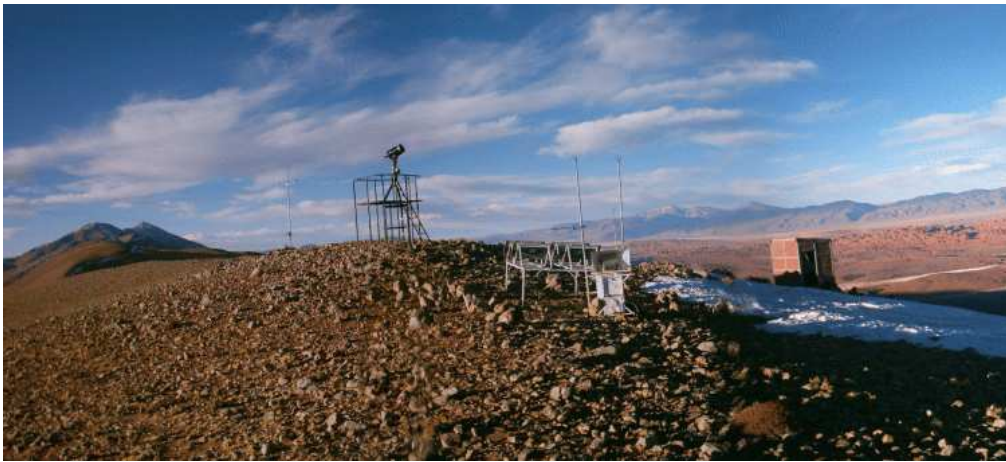


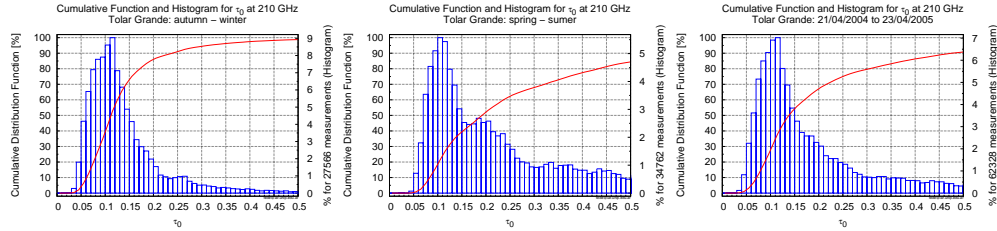
Figura 3. Equipo actualmente instalado en el cordón Macón (4600 mts)

Fotografía: Rubén Vrech.

### 3.1. Comparación con Chajnantor

La figura 5a nos muestra la función acumulativa de distribución para la región de Chajnantor y **Tolar Grande** en el mismo lapso. Se puede apreciar que para valores de  $\tau_0 \simeq 0.15$ , la diferencia entre ambos sitios es del orden del 10 %.

En la figura 5b y 5c se muestran los datos individuales para ambos sitios en los mismos lapsos. Puede apreciarse una muy importante correlación en la variación temporal de la opacidad entre ambos lugares.

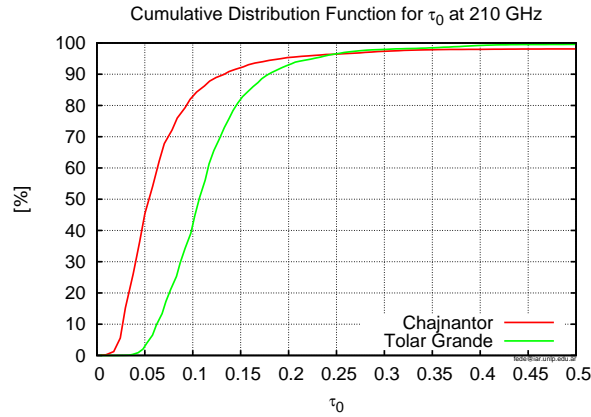


(a) Otoño - Invierno

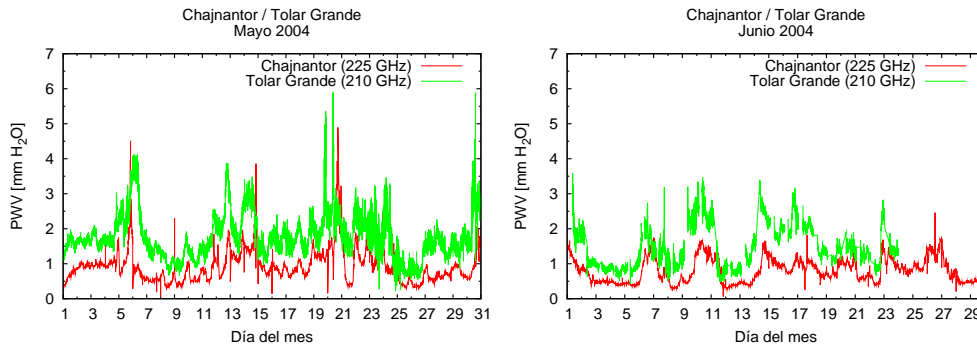
(b) Primavera - Verano

(c) Año completo

Figura 4. Estadística del período abril de 2004 a abril de 2005



(a) función distribución



(b) datos individuales

(c) datos individuales

Figura 5. Comparación de datos con Chajnantor durante 2004

#### 4. Planes futuros

En el marco de una búsqueda de sitio para la instalación de una facilidad observacional en el rango de longitudes de onda milimétrica y submilimétrica, se planea continuar durante el año 2006 con el estudio de la opacidad atmosférica en la Puna

Salteña. Especial énfasis se pondrá en la región cercana a la localidad de **Tolar Grande**, de ese modo, se espera tener una base de datos que cubra un período de 2.5 a 3 años, y permita una adecuada caracterización del sitio. De confirmarse la estadística de las primeras campañas, el país dispondrá de un potencial lugar para la instalación de la citada facilidad, la que acrecentaría su importancia como estación para estudios futuros de *VLBI* con el mega proyecto milimétrico sub-milimétrico, denominado *ALMA* (*Atacama Large Millimeter Array*), y el *APEX* (*Atacama Pathfinder Experiment*), ambos en el altiplano chileno.

## Referencias

Recabarren P., Muriel H., Vrech R., García Lambas D., Sarazin M. y Giovanelli R., 2004, Boletín de la Asoc. Arg. de Astr., **47**, 434.